

**Adubação Mineral para Mandioca e Efeito Residual no
Milho em Rotação em Solo Arenoso de Mâncio Lima,
Juruá, Oeste do Acre, Sudoeste da Amazônia Brasileira**



**OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

**2 FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL**



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Acre
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
64**

**Adubação Mineral para Mandioca e Efeito
Residual no Milho em Rotação em Solo
Arenoso de Mâncio Lima, Juruá, Oeste do
Acre, Sudoeste da Amazônia Brasileira**

*Falberni de Souza Costa
Leonardo Barreto Tavella
Maísa Pinto Bravin
Joab Ferreira de Souza
Daniel Moreira Lambertucci*

***Embrapa Acre
Rio Branco, AC
2020***

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Acre
Rodovia BR-364, km 14,
sentido Rio Branco/Porto Velho
Caixa Postal 321
CEP 69900-970, Rio Branco, AC
Fone: (68) 3212-3200
Fax: (68) 3212-3285
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Acre

Presidente
Elias Melo de Miranda

Secretário-Executivo
Claudia Carvalho Sena

Membros
*Carlos Mauricio Soares de Andrade, Celso Luis
Bergo, Evandro Orfanó Figueiredo, Rivaldave
Coelho Gonçalves, Rodrigo Souza Santos,
Romeu de Carvalho Andrade Neto, Tadário
Kamel de Oliveira, Tatiana de Campos, Virgínia
de Souza Álvares*

Supervisão editorial e revisão de texto
*Claudia Carvalho Sena
Suely Moreira de Melo*

Normalização bibliográfica
Renata do Carmo França Seabra

Diagramação
Francisco Carlos da Rocha Gomes

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Foto da capa
Daniel Moreira Lambertucci

1ª edição
On-line (2020)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Acre

Adubação mineral para mandioca e efeito residual no milho em rotação em
solo arenoso de Mâncio Lima, Juruá, oeste do Acre, sudoeste da Amazônia
brasileira / Falbérni de Souza Costa... [et al]. – Rio Branco, AC : Embrapa
Acre, 2020.

29 p. : il. color. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Acre,
ISSN 0101-5516; 64).

1. Adubação mineral – Acre. 2. Mandioca – cultivo. 3. *Manihot esculenta*.
4. Rotação de cultura. 5. Plantio direto. 6. Planta de cobertura. 7. Agricultura
conservacionista – Mâncio Lima, AC. 8. Costa, Falbérni de Souza. I. Embrapa
Acre. II. Série.

CDD (21.ed.) 631.8098112

Sumário

Resumo5

Abstract7

Introdução.....9

Material e Métodos11

Resultados e Discussão18

Conclusões.....23

Agradecimentos.....25

Referências25

Adubação Mineral para Mandioca e Efeito Residual no Milho em Rotação em Solo Arenoso de Mâncio Lima, Juruá, Oeste do Acre, Sudoeste da Amazônia Brasileira

Falberni de Souza Costa¹

Leonardo Barreto Tavella²

Maísa Pinto Bravin³

Joab Ferreira de Souza⁴

Daniel Moreira Lambertucci⁵

Resumo – O parcelamento da adubação mineral no manejo conservacionista do solo sincronizado com a necessidade de nutrientes da mandioca aumenta a sua produção, bem como a de culturas em rotação devido ao efeito residual dessa adubação. São apresentados os resultados dessa hipótese em dois estudos em delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. No primeiro estudo foi avaliado o desempenho agrônômico da mandioca em resposta à adubação mineral em seis épocas de parcelamento: T1 (controle) – calcário; T2 – calcário + K e P 100% no plantio e com N 100% aos 30 dias após o plantio (DAP); T3 – calcário + K e P 50% no plantio e 50% aos 60 DAP e com N 50% aos 30 DAP e 50% aos 60 DAP; T4 – calcário + K e P 50% no plantio e 50% aos 90 DAP e com N 50% aos 30 DAP e 50% aos 90 DAP; T5 – calcário + K, P e N 50% aos 30 DAP e 50% aos 90 DAP; T6 – calcário + K, P e N 50% aos 60 DAP e 50% aos 120 DAP. No segundo estudo foi avaliado o efeito residual da adubação e do feijão guandu anão sobre componentes de produção do milho de 2ª safra. Os estudos foram conduzidos em plantio direto e sem o uso do fogo. Os componentes de produção da mandioca não foram influenciados pelas épocas de adubação mineral parcelada. Ainda assim, a produtividade da mandioca no tratamento que recebeu calcário sem adubação de cobertura parcelada foi semelhante

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Acre, Rio Branco, AC.

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, professor da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC.

³ Engenheira-agrônoma, doutora em Produção Vegetal, técnica da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC.

⁴ Engenheiro-agrônomo, mestre em Produção Vegetal, Rio Branco, AC.

⁵ Zootecnista, mestre em Zootecnia, analista da Embrapa Acre, Setor de Transferência de Tecnologias do Juruá, Cruzeiro do Sul, AC.

à média de 10 anos divulgada pelo IBGE para o Juruá. A adubação mineral parcelada aos 60 e 120 dias após o plantio da mandioca reduz o potencial de perdas de nutrientes sem comprometer a sua produtividade. Esta foi associada ao número de raízes comerciais, que explicou 78% da sua variação. Os componentes de produção do milho foram influenciados pelo efeito residual das épocas da adubação mineral parcelada na mandioca à medida que essa foi mais tardia, proporcionando ganhos de produtividade em mais de 100% em relação ao tratamento que recebeu calcário, mas sem adubação de cobertura parcelada. Em relação à média da produtividade do milho (1.500 kg/ha) no Juruá no período de 2008 a 2018, também divulgada pelo IBGE, os incrementos dos tratamentos avaliados neste estudo foram crescentes e variaram de 23% (T1) a 192% (T6). A produtividade de milho foi diretamente proporcional à prolificidade, que explicou mais de 90% da sua variação.

Termos para indexação: agricultura conservacionista sem fogo, plantio direto, plantas de cobertura do solo, consórcio, rotação.

Mineral Fertilization for Cassava and Residual Effect on Rotation Corn in a Sandy Soil of Mâncio Lima, Juruá, Western Acre, Southwestern Brazilian Amazon

Abstract – The splitting of mineral fertilizer in the soil conservation management synchronized with the nutrient requirement of cassava increases its production, as well as that of crops in rotation due to the residual effect of this fertilization. The results of this hypothesis are presented in two studies in a randomized block design with four replications. In the first study, the agronomic performance of cassava was evaluated in response to mineral fertilization in six splitting periods: T1 (control) – Limestone; T2 – Limestone + K and P 100% at planting and with N 100% at 30 days after planting (DAP); T3 – Limestone + K and P 50% at planting and 50% at 60 DAP and with N 50% at 30 and 50% at 60 DAP; T4 – Limestone + K and P 50% at planting and 50% at 90 DAP and with N 50% at 30 and 50% at 90 DAP; T5 – Limestone + K, P and N 50% at 30 DAP and 50% at 90 DAP; T6 – Limestone + K, P and N 50% at 60 DAP and 50% at 120 DAP. In the second study, the residual effect of fertilization and pigeon pea on components of corn production in the 2nd harvest was evaluated. The studies were conducted in no-till and without the use of fire. The components of cassava production were not influenced by times of split mineral fertilization. Even so, the productivity of cassava in the treatment that received limestone without splitting fertilization was equivalent to the 10-year average published by IBGE for Juruá. Mineral fertilizer splitting in 60 and 120 days after planting cassava reduces the potential for nutrient losses without compromising its productivity. This productivity was associated with the number of commercial roots, which explained 78% of its variation. The components of corn production were influenced by the residual effect of the periods of mineral fertilization divided into cassava as it was later, providing productivity gains of more than 100% in relation to the treatment that received lime, but without splitting coverage fertilization. Regarding the

average productivity of corn (1,500 kg/ha) in Juruá in the period from 2008 to 2018 also disclosed by IBGE, the increments of treatments evaluated in this study were increasing and varied from 23% (T1) to 192% (T6). Corn productivity was directly proportional to prolificacy, which explained more than 90% of its variation.

Index terms: conservation agriculture, no-fire agriculture, no-tillage, soil cover crops, consortium, rotation.

Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é o alimento mais cultivado e consumido nos trópicos úmidos, com uso internacional cada vez mais projetado para a produção de etanol (OECD-FAO Agricultural Outlook..., 2019; FAO, 2020). Além de base da subsistência nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, a mandioca é fonte de renda para agricultores familiares da Amazônia (Simon; Garagorry, 2005) que comercializam o excedente da produção (Valle; Lorenzi, 2014), em parte pela experiência herdada dos pais e avós ao longo de gerações na seleção de materiais genéticos de usos múltiplos (Clement et al., 2010) e em parte pela demanda de farinha oriunda da sua reconhecida qualidade (Souza et al., 2015, 2017).

A produção da mandioca no Brasil é variável de safra para safra. Houve queda na produção de 2016 para 2017 e de 2017 para 2018 (IBGE, 2020). Em geral as causas dessa queda são preços pouco compensadores e demanda restrita, também variáveis entre safras, desestimulando investimentos nas lavouras de mandioca. Em adição, a falta de informações técnicas sobre o manejo correto do solo e de sua fertilidade tem dificultado o cultivo da mandioca em regiões da Amazônia (Costa et al., 2014, 2020).

Em sentido inverso à tendência de queda de produção da mandioca nas safras anteriores, houve aumento da produção de 2018 para 2019 (IBGE, 2020), o que pode ser relacionado ao aumento do consumo in natura e ao crescimento das exportações da “farinha de Cruzeiro do Sul” no Acre. Entretanto, a agricultura de derruba e queima com tempos de pousio das capoeiras cada vez maiores persiste na região do Juruá, Acre, agravada pela falta de aplicação de práticas conservacionistas e sem correção e adubação do solo. Essas medidas são necessárias considerando as fragilidades físicas e químicas dos solos arenosos ou de textura média do Juruá (Costa et al., 2014).

A adubação mineral dos cultivos requer estudo no Acre, em especial no Juruá. Em geral, quando realizada pelos agricultores, é simultânea ao plantio, promovendo concentração de nutrientes em única época do ciclo da cultura, o que a torna vulnerável devido à precipitação uniforme ao longo do ano na região e a seus solos de textura arenosa, sobretudo na camada de desenvolvimento das raízes da mandioca. O parcelamento pode reduzir as

perdas dos nutrientes nessas condições. A época ideal da adubação para a mandioca influencia diretamente na sua produtividade, entretanto ainda não é conhecida no Juruá e não há estudos frequentes sobre o assunto.

Os manuais de adubação para a mandioca em geral recomendam a aplicação do potássio (K) e fósforo (P) no plantio e o nitrogênio (N) em cobertura aos 30 ou 60 dias após o plantio (Lorenzi et al., 1997; Nogueira et al., 1999; Sousa; Lobato, 2004). Poucos autores indicam parcelamento da adubação NPK (Mokankumar et al., 1971; Mattos et al., 2002). Estudos de épocas da adubação da mandioca no Juruá também são justificados pela baixa disponibilidade e alto valor dos insumos no mercado local, além da descapitalização em geral dos agricultores familiares locais. Outro aspecto não menos importante se refere à época de plantio mais comum da mandioca na região, ou seja, no início da estação das chuvas ou inverno amazônico. Deve ser considerado também que a mandioca é uma cultura exportadora de nutrientes do solo, sobretudo em uso intensivo com cultivos posteriores e sem reposição de nutrientes (Howeler, 1991; Otsubo; Lorenzi, 2002; Adjei-nsiah, 2010).

A manutenção da qualidade do solo garante o suprimento de nutrientes para as plantas e, portanto, o uso de práticas de manejo conservacionista do solo pode contribuir na melhoria da agricultura familiar (Costa et al., 2014). A busca por novas formas de produzir alimentos pela agricultura familiar pode diminuir a demanda da supressão de novas áreas, destacando a importância da necessidade de rigoroso planejamento de uso do solo (Hansen et al., 2020). Nesse contexto, com a consolidação do manejo conservacionista do solo e seus reflexos na sua qualidade (Luz et al., 2019), pode haver a diminuição dos custos de produção e redução dos efeitos da degradação do solo derivados do uso inadequado de áreas já desmatadas.

Um aspecto a considerar na adubação mineral parcelada sobre a fertilidade do solo é o seu efeito residual em cultivos posteriores, dada a baixa disponibilidade de fertilizantes e seu alto custo em regiões amazônicas, que não viabilizam a adubação a cada cultivo mesmo que em única área. Buscando contribuir para o manejo da adubação da mandioca, de interesse econômico e social para o Juruá, neste trabalho são apresentados os resultados dos efeitos da adubação parcelada sobre o rendimento da mandioca e a sua ação residual e do feijão guandu anão sobre o cultivo do milho em rotação.

Esta publicação está de acordo com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) são uma coleção de 17 metas globais estabelecidas pela Assembleia Geral das Nações Unidas e que tem o apoio da Embrapa para que sejam atingidas.

Material e Métodos

Os estudos 1 e 2 foram conduzidos na comunidade Paraná do Pentecoste, em experimento de campo instalado em 2016 e localizado no município de Mâncio Lima, AC (latitude 7° 30,116' S, longitude 72° 55,260' W e altitude de 189 m), nos períodos de outubro de 2016 a setembro de 2017 (estudo 1 – cultivo da mandioca), de outubro de 2017 a fevereiro de 2018 (cultivo do feijão guandu anão) e de março a julho de 2018 (estudo 2 – cultivo do milho). O solo é classificado como Argissolo Amarelo Distrófico (Santos et al., 2018), o clima da região é Af sem estação seca conforme a classificação de Köppen (Alvares et al., 2014). Os valores mensais da precipitação e da temperatura média do ar na região do experimento, no período de outubro de 2016 a julho de 2018, são apresentados na Figura 1. No período a temperatura do ar variou entre 24,5 °C e 26,3 °C e a precipitação mensal entre 0 mm (maio e junho de 2017) e 412 mm (janeiro de 2017), com média de 155 mm e total de 3.414 mm, ou seja, 618 mm em 2016, 1.683 mm em 2017 e 1.113 mm em 2018 (Figura 1).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e os tratamentos foram seis épocas de adubação da mandioca. A área total do experimento foi de 2.688 m² (64 m x 42 m) e a parcela experimental de 80 m² (8 m x 10 m) (Figura 2).

Na Tabela 1 é apresentada a composição dos seis tratamentos avaliados.

Antes da instalação do experimento a vegetação predominante na área era *Pteridium aquilinum* (samambaia ou pluma). O rolo-faca foi utilizado para o acamamento e corte da samambaia e 15 dias após foi realizada a dessecação com o herbicida glifosato (3 L/ha). Em seguida foi realizada a coleta de solo para sua caracterização conforme Teixeira et al. (2017) (Tabela 2).

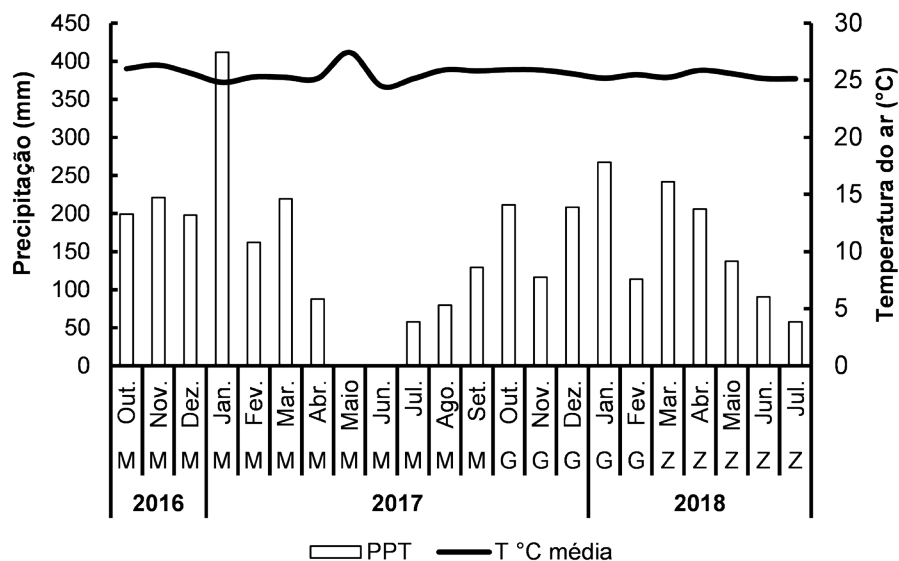


Figura 1. Precipitação (PPT) e temperatura média do ar durante os meses agrícolas de outubro de 2016 a julho de 2018, Mâncio Lima, Acre, 2020.

M = Cultivo da mandioca; G = Cultivo do feijão guandu anão; Z = Cultivo do milho.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2020).

A partir dos resultados da análise de solo e das recomendações de Wadt (2005) para os solos do estado do Acre para a cultura da mandioca, as doses (kg/ha) aplicadas foram: 40 de nitrogênio (N), 60 de fósforo (P) e 60 de potássio (K). A aplicação foi por planta em base ou cobertura, conforme descrição dos tratamentos (Tabela 1). As fontes dos adubos foram: ureia (45% de N), superfosfato simples (18% de P_2O_5) e cloreto de potássio (60% de K_2O). A calagem foi realizada 30 dias antes do plantio sem incorporação em todos os tratamentos, calculada pelo método da saturação por base (V%) para 40% com a dose de 3,0 t/ha de calcário dolomítico PRNT de 80%.

O experimento foi implantado em plantio direto e sem uso de fogo, com planta de cobertura do solo e cultivos comerciais em rotação (mandioca-feijão guandu anão-milho), com dessecação da samambaia com glifosato em 5 de setembro de 2016. Os resíduos vegetais aportaram 42 t/ha de matéria seca sobre o solo, composta por 90% de samambaia e 10% de *Urochloa brizantha* (Figura 3).

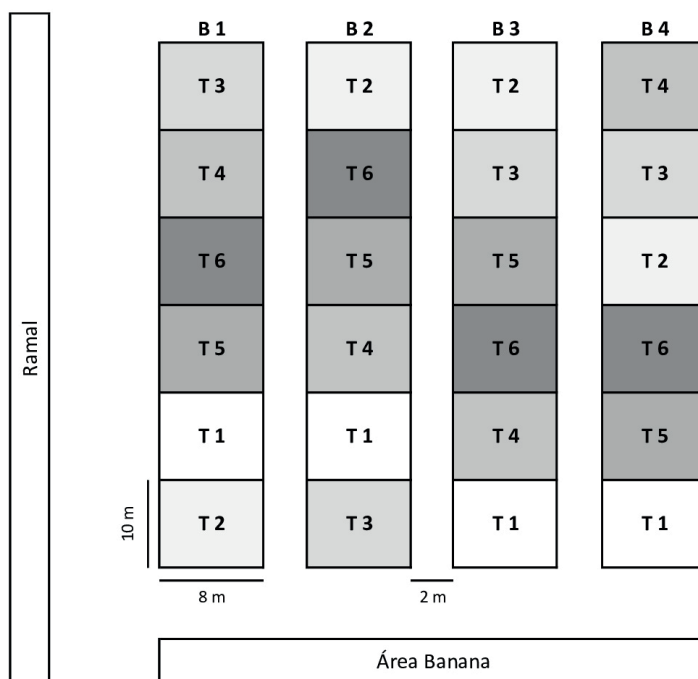


Figura 2. Croqui do experimento, Mâncio Lima, Acre, 2016.

Amostras da samambaia foram coletadas e analisadas para composição bromatológica no Laboratório de Bromatologia da Embrapa Acre (Tabela 3). A samambaia é considerada uma cosmopolita, adaptando-se a solos de baixa fertilidade, e indicadora de solos ácidos (Araújo et al., 2011).

Após o preparo inicial da área foram abertas covas com 10 cm de profundidade, espaçamento de 1 m x 1 m, para o plantio manual das manivas sementes (15 cm de comprimento e no início da estação chuvosa – 26 de outubro de 2016) da etnovarietade conhecida na região como “mansabraba”, retiradas do terço médio de plantas sadias com 10 meses de idade. Os tratamentos culturais foram realizados conforme a necessidade da cultura. A colheita da mandioca foi manual e no 11º mês após o plantio (20 de setembro de 2017). Para as avaliações foram utilizadas duas linhas centrais na área útil da parcela, descartando-se as bordaduras. A raiz e a parte aérea foram avaliadas ao acaso em oito plantas.

Tabela 1. Composição dos tratamentos, Mâncio Lima, Acre, 2016.

Tratamento	Plantio	30 DAP ⁽¹⁾	60 DAP	90 DAP	120 DAP
T1	-	-	-	-	-
T2	100% P 100% K	100% N	-	-	-
T3	50% P 50% K	50% N	50% N 50% P 50% K	-	-
T4	50% P 50% K	50% N	-	50% N 50% P 50% K	-
T5	-	50% N 50% P 50% K	-	50% N 50% P 50% K	-
T6	-	-	50% N 50% P 50% K	-	50% N 50% P 50% K

⁽¹⁾DAP = Dia após o plantio.

Todos os tratamentos tiveram aplicação de 3 t/ha de calcário dolomítico com PRNT de 80% antes do plantio da mandioca.

Foram avaliados: altura de planta (m) do nível do solo até a inserção da última folha; diâmetro do caule (mm) na base do terço inferior da planta; comprimento das raízes (cm) de uma extremidade a outra; diâmetro das raízes (mm) no terço médio das raízes; número de raízes comerciais (nº/planta); massa fresca da parte aérea da planta (kg/planta); massa fresca de maniva (kg/planta); massa fresca das raízes (kg/planta); produtividade de raízes (kg/ha). Essa última foi calculada utilizando-se amostras de raízes frescas em área útil de 48 m². Das oito plantas foram separadas as folhas (terço superior), as manivas e raízes tuberosas e pesadas separadamente em balança digital.

Tabela 2. Caracterização física e química do solo na profundidade 0 cm–20 cm, antes do estabelecimento dos tratamentos, Mâncio Lima, Acre, 2016.

Característica	Profundidade (cm)	
	0–10	10–20
pH (água)	5,2	5,0
H+Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	4,9	5,5
Alumínio (cmol _c /dm ³)	1,3	1,4
Soma de bases (cmol _c /dm ³)	0,12	0,27
CTC efetiva (cmol _c /dm ³)	1,4	1,7
V (%)	2,4	4,7
m (%)	91,4	84,3
Areia total (%)	87,6	82,2
Silte (%)	7,3	10,7
Argila (%)	5,2	7,1



Foto: Leonardo Barreto Tavella

Figura 3. Resíduos vegetais após o rolo-faca e dessecação na área do experimento, Mâncio Lima, Acre, 2016.

Tabela 3. Análise da composição bromatológica da *Pteridium aquilinum* (pluma), Mâncio Lima, Acre, 2016.

Característica	Parte da planta		
	Raiz	Talo	Folha
	%		
Massa seca	96,2	95,4	95,3
Proteína bruta	3,2	3,1	10,3
Celulose	18,8	37,6	19,5
Lignina	19,3	19,1	23,1
	g/kg		
Ca	1,01	1,35	3,75
Mg	1,07	0,95	1,52
P	1,54	1,50	1,75
K	7,96	12,5	11,90
Na	0,19	0,28	0,26

Antes da cultura do milho, como componente da agricultura conservacionista e visando à proteção do solo contra a erosão e variações extremas de temperatura, à conservação da água, bem como à adição de nitrogênio pela fixação biológica, foi cultivado o feijão guandu anão (*Cajanus cajan*), semeado com plantadeira manual em outubro de 2017 e manejado com rolo-faca aos 140 dias após a semeadura. O feijão guandu anão foi dessecado com glifosato (3,0 L/ha) 15 dias após o seu manejo, deixando 7 t/ha de matéria seca de resíduos.

O milho em 2ª safra foi semeado em 14 de março de 2018, sem manejo da adubação de base para avaliar o efeito residual conjugado da fertilização mineral e da adubação verde do feijão guandu anão. A semeadura foi mecânica e realizada no espaçamento de 0,8 m entre linhas e 0,2 m entre plantas. A variedade utilizada foi BRS Caimbé, totalizando estande final de 62 mil plantas por hectare. O perímetro útil analisado foram as duas fileiras centrais de cada parcela, descartando uma planta de cada extremidade das linhas, como efeito de bordadura. Das duas linhas centrais, uma foi avaliada com amostragens ao acaso das plantas de milho.

Foi observada deficiência nutricional de N nas plantas de milho nos seus estádios vegetativos iniciais. Em V6 (4 semanas após a emergência), quando as plantas apresentavam seis folhas desenvolvidas, foi realizada a adubação com N em cobertura em todos os tratamentos do experimento (100 kg/ha N-ureia). Essa adubação não foi objeto de avaliação no experimento, visto que todas as parcelas receberam a mesma dose de N.

Próximo à colheita foram medidas em oito plantas por parcela: altura de planta (m) do nível do solo até a inserção da última folha; altura de inserção de espiga (m) do nível do solo até a inserção da primeira espiga; e prolificidade relacionando-se o número total de espigas com o número de plantas.

A colheita foi manual aos 120 dias após o plantio, sendo avaliados: o número total de espigas nas plantas em duas fileiras; o número de grãos por espiga, produto da multiplicação do número de fileiras pelo de grãos na fileira; massa de grãos por espiga (g) corrigida para 13% de umidade, obtida por meio da relação entre a massa total dos grãos e o número de espigas colhidas em duas fileiras; massa de 100 grãos (g) avaliada por meio da coleta de quatro amostras de 100 grãos por parcela e posterior pesagem corrigida para 13% de umidade; produtividade de grãos (kg/ha), obtida por meio da massa de grãos colhidos corrigida para 13% de umidade.

Os resultados foram testados para *outliers*, normalidade dos resíduos (Shapiro Wilk) e homogeneidade das variâncias (Bartlett) antes da análise da variância (Anova). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade). As análises estatísticas foram realizadas no software R Studio, utilizando-se os pacotes “MULTCOMPVIEW” e “MULTCOMPLATTERS” para a mandioca e o pacote “AGRICOLAE” para o milho.

Resultados e Discussão

Não houve efeito das épocas da adubação parcelada nas variáveis estudadas da mandioca (Tabela 4). Todavia, a produtividade dos tratamentos variou de 10 t/ha (T3) a 21 t/ha (T1), valor semelhante à média (2008–2018) divulgada pelo IBGE (2020) de 22 t/ha, uma diferença de 7%. No período de 2008–2018 foram consideradas as variações biofísicas, de mercado e de práticas agronômicas utilizadas pelos agricultores familiares do Juruá que influenciaram para a produtividade divulgada pelo IBGE (2020). Contudo, considerando que é usual os agricultores familiares do Juruá não utilizarem correção e adubação (no plantio e em cobertura) no cultivo da mandioca, além de praticarem a agricultura de derruba e queima, essa semelhança entre T1 e a média da região indica que estudos de maior tempo de condução são necessários. Os resultados apresentados neste documento são de primeiro uso de uma área que estava sob samambaia e um manejo conservacionista não consolidado (Freidrich et al., 2012; Liu et al., 2018).

Os resultados deste estudo indicam que, sobretudo em áreas de primeiro ano de cultivo, sem consolidação da agricultura conservacionista e o conjunto completo de suas práticas, o fracionamento da adubação mineral não é uma estratégia para melhorias em componentes de produção da mandioca. Entretanto a adubação em cobertura aplicada entre 60 e 120 DAP deve ser considerada por sua baixa vulnerabilidade à perda em solo arenoso, uma vez que nesses períodos as plantas de mandioca já possuem sistema radicular desenvolvido, quando se inicia o engrossamento das suas raízes.

A produtividade de raiz de mandioca foi significativa e positivamente correlacionada ao número de raízes comerciais (Figura 4), explicando 78% da variação da produtividade da mandioca.

O efeito residual da adubação parcelada na mandioca não foi significativo para a produção do milho em rotação (Tabela 5). Em valores absolutos a produtividade do milho foi incrementada à medida que a adubação foi mais tardia na mandioca, o que pode ser relacionado ao menor tempo para perdas de nutrientes em solo arenoso. A adubação fracionada (50% de NPK) aos 60 (T3) e 120 (T6) DAP em cobertura na mandioca proporcionou ganho de produtividade no milho em rotação de 118% (T3) e 137% (T6) em relação ao T1 (Figura 5).

Tabela 4. Análise de variância para altura de planta (Altp), diâmetro do caule (Dc), massa fresca de manivas (Mfm), massa fresca de parte aérea (Mfpa), comprimento de raiz (Cr), diâmetro de raiz (Dr), massa fresca das raízes (Mfr), número de raízes comerciais (Nrc) e produtividade de raiz (Prod) influenciada pela época de adubação parcelada da mandioca, Mâncio Lima, Acre, 2018.

Fonte de variação	Gl ⁽¹⁾	Quadrado médio								
		Altp	Dc	Mfm	Mfpa	Cr	Dr	Mfr	Nrc	Prod
Parcelamento	5	0,004 ^{ns}	5,17 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,17 ^{ns}	4,24 ^{ns}	34,6 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,84 ^{ns}	53057393 ^{ns}
Blocos	3	0,021 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,007 ^{ns}	0,03 ^{ns}	4,5 ^{ns}	13,54 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,30 ^{ns}	30834530 ^{ns}
Resíduo	15	0,14	10,44	0,14	0,49	6,92	37,04	0,75	1,48	24687056
Total	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)⁽²⁾	-	17,57	15,98	48,62	54,47	11,85	10,85	41,95	28,10	38,50

⁽¹⁾Gl = Grau de liberdade. ⁽²⁾CV (%) = Coeficiente de variação.

^{ns}Não significativo.

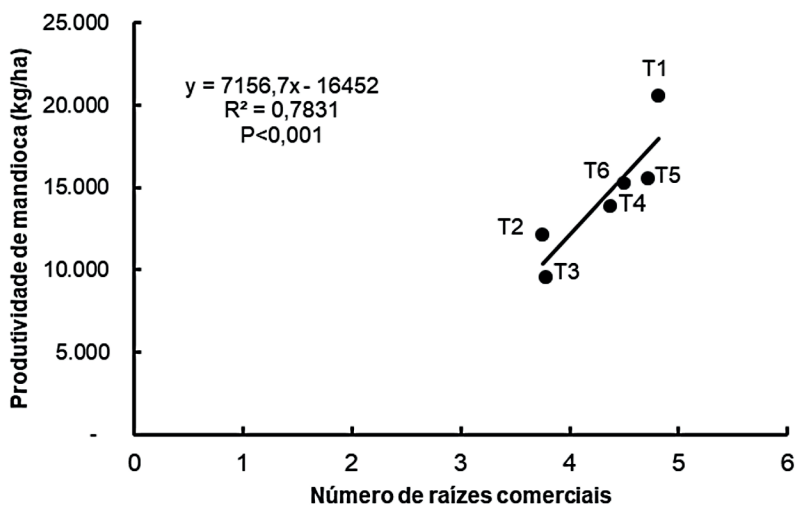


Figura 4. Correlação da produtividade de raiz de mandioca com o número de raízes comerciais, Juruá, 2017.

T1 a T6 são os tratamentos das épocas de adubação mineral parcelada na mandioca.

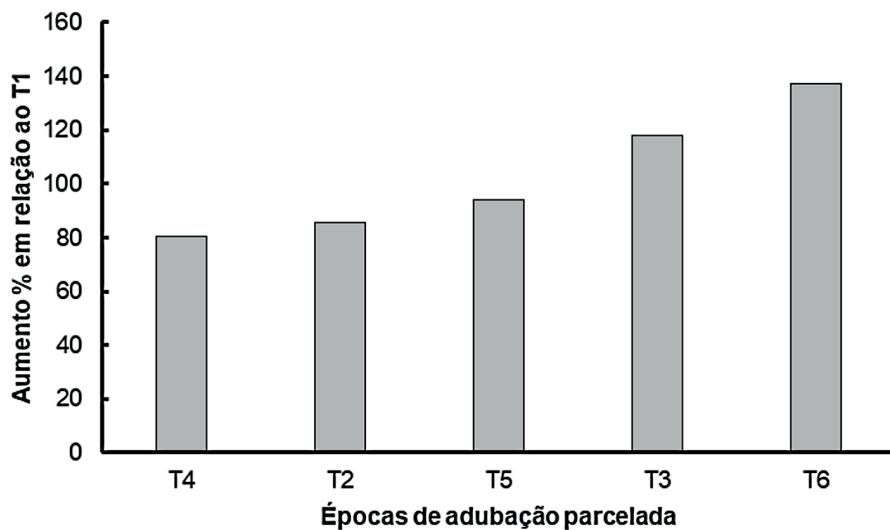


Figura 5. Aumento percentual da produtividade do milho em relação ao T1, Mâncio Lima, Acre, 2018.

Tabela 5. Análise de variância para altura de planta (Altp), altura da inserção das espigas (Alte), número de espigas por hectare (Neh), número de grãos por espiga (Nge), prolificidade (Prol), massa de 100 grãos (m100g), massa de grãos por espigas (Mge) e produtividade (Prod) do milho influenciada pelo efeito residual da adubação mineral parcelada na mandioca, Mâncio Lima, Acre, 2018.

Fonte de variação	Quadrado médio								
	Gl ⁽¹⁾	Altp	Alte	Neh	Nge	Prol	m100g	Mge	Prod
Parcelamento	5	0,07 ^{ns}	0,04 ^{ns}	227719884 ^{ns}	5689 ^{ns}	0,07 ^{ns}	12,6 ^{ns}	641,80 ^{ns}	3053075 ^{ns}
Blocos	3	0,06 ^{ns}	0,023 ^{ns}	28211802 ^{ns}	6914 ^{ns}	0,005 ^{ns}	15,4 ^{ns}	688,14 ^{ns}	2074580 ^{ns}
Resíduo	15	0,04	0,02	98379645	3526,16	0,02	20,08	686,56	1878363
Total	23	-	-	-	-	-	-	-	-
CV (%)⁽²⁾	-	11,04	14,73	19,76	20,03	17,19	19,49	37,45	39,82

⁽¹⁾Gl = Grau de liberdade. ⁽²⁾CV (%) = Coeficiente de variação.

^{ns} Não significativo.

Em relação à média da produtividade do milho (1.500 kg/ha) no Juruá, no período de 2008 a 2018 (IBGE, 2020), os incrementos percentuais de T1, T4, T2, T5, T3 e T6 foram de 23, 123, 129, 140, 169 e 192, respectivamente (Figura 6).

A produtividade do milho foi significativa e positivamente correlacionada com a prolificidade, que é a razão do número de espigas por hectare pelo número de plantas por hectare (Figura 7). A prolificidade explicou mais de 90% da variação da produtividade do milho.

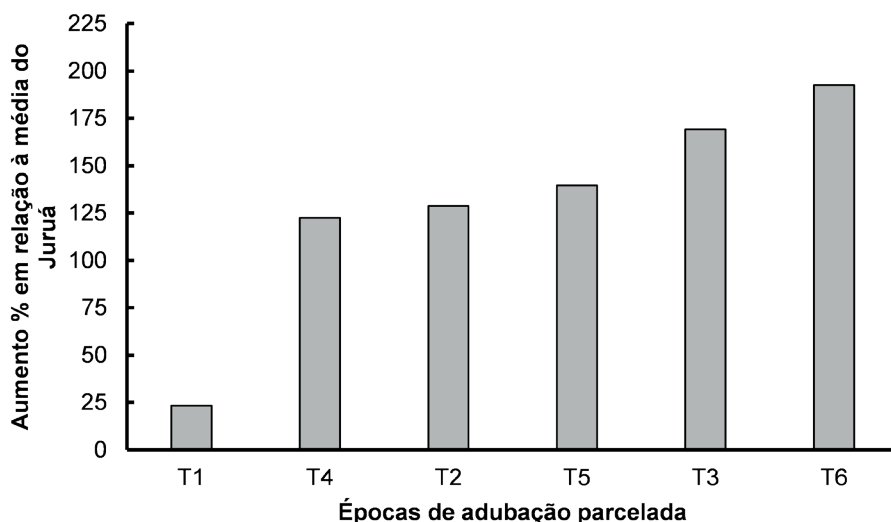


Figura 6. Aumento percentual da produtividade do milho nas épocas de adubação parcelada em relação à média (1.500 kg/ha) da produtividade do milho no Juruá no período de 2008 a 2018.

Fonte: Gráfico elaborado utilizando as relações percentuais entre os resultados obtidos na pesquisa e os dados divulgados por IBGE (2020).

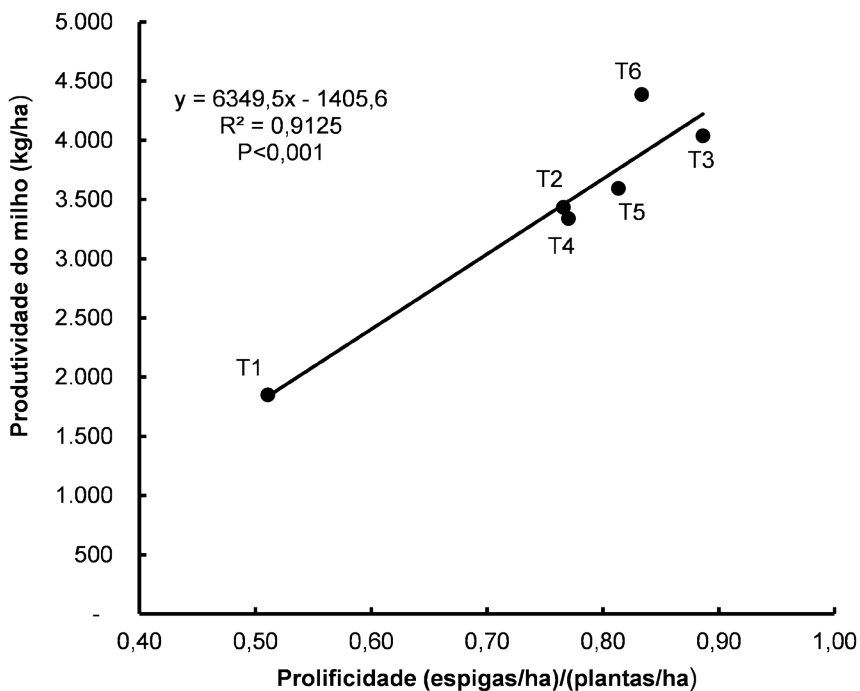


Figura 7. Correlação da produtividade do milho com a prolificidade (número de espigas por hectare/número de plantas por hectare), Juruá, 2018.

T1 a T6 são os tratamentos das épocas de adubação mineral parcelada com efeito residual no milho.

Conclusões

Técnico-científicas

Os componentes de produção da mandioca não foram influenciados pelas épocas de adubação mineral parcelada. Estudos de maior tempo de duração são necessários para investigar o efeito associado da adubação e de práticas de manejo conservacionista do solo arenoso sobre respostas de cultivos da agricultura familiar no Juruá. Ainda assim, a produtividade da

mandioca no tratamento que recebeu calcário sem adubação de cobertura parcelada foi semelhante à média de 10 anos divulgada pelo IBGE para o Juruá. A adubação mineral parcelada aos 60 e 120 dias após o plantio da mandioca reduz o potencial de perdas de nutrientes sem comprometer a sua produtividade. Esta foi associada ao número de raízes comerciais, que explicou 78% da sua variação.

Os componentes de produção do milho foram influenciados percentualmente pelo efeito residual das épocas da adubação mineral parcelada na mandioca à medida que essa foi mais tardia, proporcionando ganhos de produtividade em mais de 100% em relação ao tratamento que recebeu calcário, mas sem adubação de cobertura parcelada. Em relação à média da produtividade do milho (1.500 kg/ha) no Juruá, no período de 2008 a 2018 (IBGE, 2020), os incrementos dos tratamentos avaliados neste estudo foram crescentes e variaram de 23% (T1) a 192% (T6). A produtividade de milho foi diretamente proporcional à prolificidade, que explicou mais de 90% da sua variação.

Os resultados da Tabela 2 caracterizam um solo de fertilidade deficiente que, mesmo para mandioca, reduz a expressão de seu potencial produtivo de cultura tolerante a condições como a do solo antes da implantação do experimento. Contudo, os resultados da Tabela 3 para os teores de cálcio, magnésio, fósforo, potássio e sódio, associados ao efeito do calcário aplicado em todos os tratamentos do experimento, podem ter contribuído para o alcance de produtividade tanto da mandioca como do milho, respectivamente semelhante e maior do que os resultados divulgados pelo IBGE para essas culturas no Juruá. Considerando os resultados da Tabela 3 para os teores de celulose e lignina da pluma, comparados a valores de plantas de cobertura do solo (Fabian, 2009), é importante observar, com mais estudos de decomposição de resíduos vegetais nas condições tropicais do solo arenoso estudado, o potencial da relação inversa entre o teor ligno-celulósico da pluma e sua taxa de decomposição para o efeito de cobertura e adição gradativa de nutrientes ao solo, bem como a relação dessas variáveis com a dinâmica de nitrogênio do solo (Smart et al., 2007; DeLuca et al., 2013; Agarwal et al., 2018).

Práticas

O uso isolado de leguminosas como plantas de cobertura do solo parece ter efeito efêmero nos componentes de produção de cultivos da agricultura familiar nas condições de solo arenoso em clima quente e úmido do Juruá. Os resíduos das leguminosas degradam rapidamente e, para aproveitar os nutrientes oriundos da mineralização dos resíduos, seria necessário sincronizar o manejo das plantas de cobertura do solo com a necessidade de nutrientes em cada fase fenológica das plantas comerciais cultivadas, o que do ponto de vista prático é um desafio. Uma estratégia para contornar esse desafio é o consórcio leguminosa-gramínea ou somente gramínea, ou mesmo plantas espontâneas aumentando a relação carbono-nitrogênio dos resíduos (Tabela 3) e, por consequência, do solo, um dos indicadores da persistência ou dos resíduos sobre o solo ou do seu efeito na adição de matéria orgânica ao solo. Nessa direção, o cultivo das plantas de cobertura do solo em alta densidade também parece ser uma prática com potencial.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao agricultor familiar Sebastião Oliveira do Nascimento (Mâncio Lima), por permitir a realização da pesquisa em sua propriedade particular, e às agências financiadoras da pesquisa no período de 2006 a 2019: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa (projetos SEG 03.09.06.022.00.00, 23.16.05.027.00.00 e 24.17.01.014.03.00 – este com recursos do Fundo Amazônia), Fundação de Tecnologia do Estado do Acre – Funtac (T.O 001/2009 e 03/2012), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (processo 575795/2008-5) e CNPq/Fapac (processos 115122/2015-0, 113123/2016 7 e 113127/2016-0).

Referências

ADJEI-NSIAH, S. Yield and nitrogen accumulation in five cassava varieties and their subsequent effects on soil chemical properties in the forest/savanna transitional agroecological zone of Ghana. **Journal of Soil Science and Environmental Management**, v. 1, n. 1, p. 15-20, Feb. 2010.

AGARWAL, K.; HALDAR, S.; BOLAND, W.; VENKATESAN, R. Chemical ecology of bracken ferns. In: NOWICKI, L.; NOWASLKA, A. (Ed.). **Ferns**. Hauppauge, NY: Nova Science, 2018. p. 57-96.

ALVARES, C. A.; STAPES, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.

ARAÚJO, E. A. de; SANTOS, M. V.; ANDRADE, C. M. S. de; FRADE JÚNIOR, E. F.; LANI, J. L.; BARDALES, N. G.; AMARAL, E. F. do. **Plantas daninhas em pastagens do Acre: identificação e controle**. Rio Branco, AC: SEMA, 2011. 32 p.

CLEMENT, C. R.; CRISTO-ARAÚJO, M.; D'EECKENBRUGGE, G. C.; PEREIRA, A. A.; PICANÇO-RODRIGUES, D. Origin and domestication of native Amazonian crops. **Diversity**, v. 2, n. 1, p. 72-106, Jan. 2010.

COSTA, F. S.; CAMPOS FILHO, M. D.; SANTIAGO, A. C. C.; MAGALHÃES, I. B.; CORDEIRO, L. S.; LIMA, A. P.; MAIA, G. R.; SILVA, E. P.; KLEIN, M. A.; SILVA, F. A. C.; BARDALES, N. G.; QUEIROZ, L. R.; BRITO, E. S. **Agricultura conservacionista na produção familiar de mandioca e milho no Juruá, Estado do Acre: efeitos da adoção nos resultados de safras de 2006 a 2014**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2014. 10 p. (Embrapa Acre. Comunicado técnico, 186).

COSTA, F. de S.; SÁ, C. P. de; LAMBERTUCCI, D. M.; TAVELLA, L. B.; BRITO, E. de S.; KLEIN, M. A.; DICK, D. P. **Agricultura conservacionista: solução de inovação tecnológica e econômica para a produção diversa em solos arenosos do Juruá, Acre, Sudoeste da Amazônia – resultados integrados de 13 anos**. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2020. 22 p. (Embrapa Acre. Comunicado técnico, 201).

DELUCA, T. H.; ZEWDIE, S. A.; ZACKRISSON, O.; HEALEY, J. R.; JONES, D. L. Bracken fern (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn) promotes an open nitrogen cycle in heathland soils. **Plant and Soil**, v. 367, p. 521-534, 2013.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. 2009. 83 f. Tese (Doutorado em Agronomia: Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

FAO Save and Grow. **Cassava**. Disponível em: <http://www.fao.org/ag/save-and-grow/cassava/en/1/index.html>. Acesso em: 5 jul. 2020.

FRIEDRICH, T.; DERPSCH, R.; KASSAM, A. Overview of the global spread of conservation agriculture. **Field Actions Science Reports**, v. 6, 2012. Special Issue. Disponível em: <http://journals.openedition.org/factsreports/1941>. Acesso em: 5 jul. 2020.

HANSEN, M. C.; WANG, L.; SONG, X.; TYUKAVINA, A.; TURUBANOVA, S.; POTAPOV, P. V.; STEHMAN, S. V. The fate of tropical forest fragments. **Science Advances**, v. 6, n. 11, eaax8574, Mar. 2020.

HOWELER, R. H. Long-term effect of cassava cultivation on soil productivity. **Field Crop Research**, v. 26, n. 1, p. 1-18, Mar. 1991.

IBGE. Sidra. **Produção Agrícola Municipal**: tabela 5457 - área plantada ou destinada à colheita, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção de lavouras temporárias e permanentes. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 20 mar. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Estações automáticas**. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 18 mar. 2020.

LIU, T.; BRUINS, R. J. F.; HEBERLING, M. T. Factors influencing farmers' adoption of best management practices: a review and synthesis. **Sustainability**, v. 10, n. 2, 432, Feb. 2018.

LORENZI, J. O.; MONTEIRO, P. A.; MIRANDA FILHO, H. S.; RAIJ, B. V. Raízes e tubérculos. In: RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 221-229. (IAC. Boletim técnico, 100).

LUZ, F. B.; SILVA, V. R.; MALLMANN, F. J. K.; PIRES, C. A. B.; DEBIASE, H.; FRANCHINI, J. C.; CHERUBIN, M. R. Monitoring soil quality changes in diversified agricultural cropping systems by the Soil Management Assessment Framework (SMAF) in southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 281, n. 1, p. 100-110, Sept. 2019.

MATTOS, P. L. P.; GOMES, J. C.; FARIAS, A. R. N.; FUKUDA, C. Cultivo da mandioca nas regiões norte e nordeste do Brasil. In: CEREDA, M. P. (Coord.). **Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. p. 274-301.

MOKANKUMAR, B.; MANDAL, R. C.; MAGOON, M. L. Influence of potash on cassava. **Indian Journal Agronomy**, v. 16, p. 82-84, 1971.

NOGUEIRA, F. D.; GOMES, J. C.; RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. Mandioca. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARAES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**: 5a. aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 312-313.

OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028. Rome, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en. Acesso em: 5 jul. 2020.

OTSUBO, A. A.; LORENZI, J. O. (Ed.). **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistema de produção, 6).

SANTOS, G. S.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; FILHO, J. C. A.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SIMON, M. F.; GARAGORRY, F. L. The expansion of agriculture in the Brazilian Amazon. **Environmental Conservation**, v. 32, n. 3, p. 203-212, Sept. 2005.

SMART, R. P.; CALVER, L. J.; CROWE, A. M.; EMMERSON, K. M.; CRESSER, M. S. Bracken effects on inorganic nitrogen leaching from an upland podzol. **Soil Use and Management**, v. 23, p. 317-322, Sept. 2007.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Calagem e adubação para culturas anuais e semiperenes. In: _____ (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 283-315.

SOUZA, J. M. L.; ÁLVARES, V. S.; NÓBREGA, M. S. (Ed.). **Indicação geográfica da farinha de mandioca de Cruzeiro do Sul, Acre**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 153 p.

SOUZA, J. M. L. de; CARTAXO, C. B. da C.; NÓBREGA, M. de S.; ALVES, P. A. de O.; SILVA, F. de A. C.; NOBRE, I. Potencial da IG da farinha de mandioca de Cruzeiro do Sul. **Cadernos de Prospecção**, v. 8, n. 1, p. 182-191, jan./mar. 2015. Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Prospecção Tecnológica e II Workshop de Propriedade Intelectual.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

VALLE, T. L.; LORENZI, J. O. Variedades melhoradas de mandioca como instrumento de inovação, segurança alimentar, competitividade e sustentabilidade: contribuições do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 31, n. 1, p. 15-34, jan./abr. 2014.

WADT, P. G. S. Recomendação de adubação para as principais culturas. *In*: _____. (Ed.).

Manejo do solo e recomendação de adubação para o Estado do Acre. Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2005.



Acre

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL